

# 探讨临界装置的核安全审评和监管

和 丹, 李珊珊

中国核电工程有限公司, 北京  
Email: 13811695948@139.com

收稿日期: 2021年4月12日; 录用日期: 2021年6月28日; 发布日期: 2021年7月5日

## 摘 要

十九大以后, 我国的法治建设逐渐加强, 法律法规体系也在逐步完善; 目前, 我国临界装置有不少, 临界装置的核安全审评和监管方面以及设计和验收准则方面还有很多不满足的情况。若按照研究堆的设计和运行来开展, 对临界装置来说, 无疑增加了很大的成本; 若不按照研究堆, 法规标准又是一大欠缺, 无法可依, 这种情况对于设计和审评来说都无法更精准的定位。因此, 临界装置的核安全法规标准的制定, 是一件很有意义和价值的工作。这项工作的意义和价值不可小觑, 不仅体系更加完善, 科学合理, 同时更有利于审评和监管, 有利于安全, 更加有利于我国开展科研领域的工作。

## 关键词

临界装置, 核安全审评, 安全管理

# Discussion on Nuclear Safety Review and Supervision of Critical Devices

Dan He, Shanshan Li

China Nuclear Power Engineering Co., Ltd., Beijing  
Email: 13811695948@139.com

Received: Apr. 12<sup>th</sup>, 2021; accepted: Jun. 28<sup>th</sup>, 2021; published: Jul. 5<sup>th</sup>, 2021

## Abstract

After the 19th National Congress of the Communist Party of China, my country's rule of law has been gradually strengthened, and the legal and regulatory system has been gradually improved. At present, there are many critical devices in China. But there are still many unsatisfactory conditions such as in the nuclear safety review and supervision of critical devices, as well as in the de-

sign and acceptance criteria. If it is carried out according to the design and operation of the research reactor, it will undoubtedly increase the cost of the critical device; if it is not carried out in accordance with the research reactor, the regulations and standards will be a major deficiency and cannot be followed. The commentary can't be more precise positioning. Therefore, the formulation of nuclear safety regulations and standards for critical devices is a very meaningful and valuable work. The significance and value of this work should not be underestimated. Not only is the system more complete, scientific and reasonable, but also more conducive to review and supervision, to safety, and to the development of scientific research in my country.

## Keywords

Critical Device, Nuclear Safety Review, Safety Management

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

目前国内外临界装置有不少, 临界事故也发生过多起。在 1945 年 8 月 21 日, 洛斯阿拉莫斯国家实验室的科学家小哈里, 是世界上第一个死于中子辐射的人, 他不小心把一块碳化钨掉到一个钚球上, 使系统达到了临界。接受了致死剂量的辐射, 这是据记载的第一起导致了死亡的临界事故, 据计算他受到 510 雷姆(5.1 西弗)的中子辐射照射。然而, 日本、英国、俄罗斯及美国的核燃料工厂发生并公开报道多起核临界事故。因此, 我们开展造成临界事故因素和条件的研究, 了解裂变材料的特性和规律, 防止临界事故的发生。我们常说的核临界安全的研究, 它是核工业领域一个极为重要的课题。

目前我国现有的临界装置有不少, 同时还有一些利用原有临界装置进行改造, 开展核临界实验。例如国内铀溶液核临界安全实验装置, 乏燃料核临界实验装置, 铅基核反应堆零功率装置, 加速器次临界实验装置, 高通量工程试验堆临界装置等。但是临界装置或是改造后的临界装置在设计方面还缺少相应的验收准则来评定设计的合理性, 设计人员根据研究堆的设计和运行要求进行设计和运行, 对临界装置来说, 无疑增加了很大的成本, 这对于临界装置是不利的; 若不按照研究堆的设计和运行来开展, 法规标准又是一大欠缺, 无法可依, 这种情况对于设计和审评来说都无法更精准的定位。因此, 临界装置的核安全法规标准的制定, 是一件很有意义和价值的工作。

## 2. 临界装置现状分析

### 2.1. 临界装置法规标准分析

在 HAD202/02《临界装置运行及实验管理》[1]中, 规定临界装置最大允许功率不应超过与堆芯平均中子通量密度  $1 \times 10^8$  中子/厘米<sup>2</sup>·秒所对应的功率水平。

目前临界装置的设计一般依据研究堆相关的法规、导则和标准, 具体针对临界装置有在 HAD202/02《临界装置运行及实验管理》, GB15146《反应堆外易裂变材料的临界安全》[2], 本标准分为 11 个部分, 其中《第一部分: 核临界安全行政管理规定》和《第 9 部分: 核临界事故探测与报警系统的性能及检验要求》是通常在设计和审评过程中用到的标准。设计和审评过程中, 经常还会参考研究堆的法规标准。

但在实际的审评过程中, 往往用研究堆的标准对应进行审查, 临界装置不能满足相应的要求, 业主在对话过程中给予的答复是尽力按照要求去做, 能够尽量符合现有标准规定的要求。

## 2.2. 临界装置事故分析

核临界安全研究[3]的首先就是要防止临界事故的发生, 临界事故是指易裂变物质意外发生的自持或发散的中子链式反应所造成的能量和放射性物质释放事件。核临界事故的主要危险是瞬发射线的外照射, 它可使工作人员受到大剂量照射, 致使工作人员伤亡。

临界装置可能发生的事由以下六个方面造成的:

- 1) 人因失误;
- 2) 工程上失败;
- 3) 实验事故;
- 4) 设计失误;
- 5) 不可预知的因素;
- 6) 故意破坏和战争。

核临界安全可能发生事故的六个方面来看, 我们需要有针对性的制定相应准则和要求。

## 3. 临界装置标准考虑

### 3.1. 现有标准的适用性分析

根据研究堆的法规标准体系, 对临界装置采标的情况进行适用性分析, 适用的部分梳理出, 不适用的部分, 可以展开分析, 探讨适用于临界装置的安全要求。

### 3.2. 经验反馈体系

根据临界装置多年的设计和运行经验, 建议由临界装置管理单位总结和梳理。可以从以下几个方面着手: 首先, 根据临界装置设计和运行管理经验, 可以把内部规定以及总结的经验, 提炼出对临界装置的验收准则, 作为营运单位的质保体系的一部分。国内已有典型的案例可以借鉴, 如中国实验快堆, 最初也无设计准则, 设计过程中通过不断的探索以及实践经验, 建立了顶层输入即设计准则, 以内部的设计准则作为设计依据, 然后在院所共同推动下转变为企业标准, 进而变为行业标准。目前, 这种方法我认为在临界装置的设计和运行中是完全可以借鉴的, 因此建议临界装置可以采纳类似的实践经验[4], 走出一条道。

### 3.3. 审评关注问题

临界装置在进行核安全审评中, 关注的重点问题以及相应的解决措施。例如, 临界装置的事故分析; 临界装置的抗震分析[5]; 工作人员和环境的辐射防护; 临界装置的力学计算; 接近临界时, 如何进行反应性控制, 在规程中如何落实和体现的等等与安全相关的重大问题。目前, 在核安全审评过程中, 对于临界装置的设计和运行的验收准则, 有的时候也不能完全把握, 像法规标准对研究堆的要求严格, 但是对临界装置不完全适用。因此, 在审评的过程中, 控制在法规标准大层次的框架下, 满足核安全要求, 就认为设计和运行是可以接受, 但是实际在审评过程中, 确实存在标准不适用, 但又无据可依的情况。或是通过计算或是通过经验, 但都存在有多种多样情况。因而, 考虑到临界装置的安全, 认为还是有必要做这项研究, 毕竟临界装置的事故也是时有发生。为核工业长远发展, 核安全还是头等大事, 精细化管理还是很重要的。

## 4. 临界装置实施策略

### 4.1. 临界装置框架结构

在 HAD202/02 中, 已经明确提到, 由于各种临界装置设计[6]、操作、实验差异较大, 要保证装置的运行和实验的安全, 运营单位以 HAF202《研究堆运行安全规定》[7]为依据, 以 HAD202/02 导则为指导, 结合临界装置的实际情况, 制定适用于临界装置的规程和制度。根据我国核安全监管的法律法规体系的结构, 同时结合具体的实践经验, 初步制定了实施方案, 如图 1 所示, 给出临界装置标准框架体系。

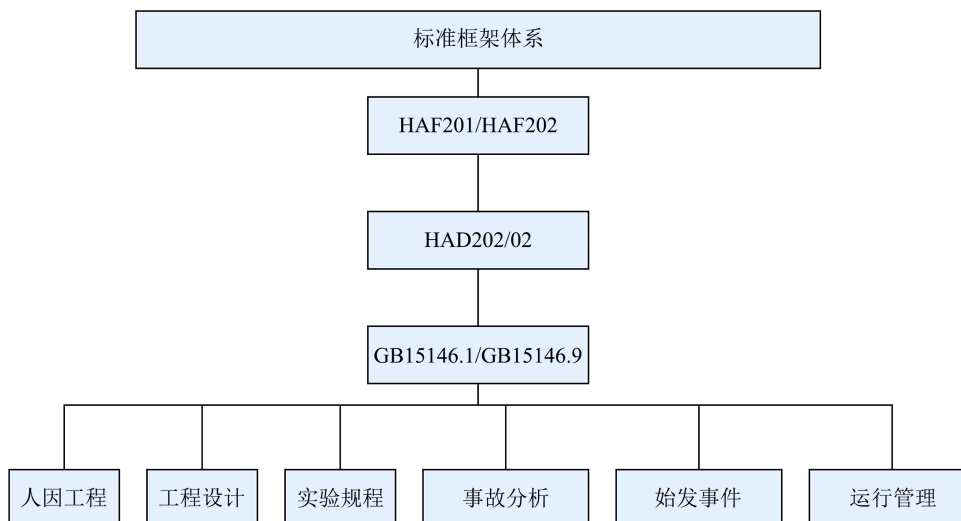


Figure 1. Standard framework system of critical  
图 1. 临界装置标准框架体系

### 4.2. 具体实施策划

按照图 1 临界装置标准框架体系, 前三层次是要遵照我国的核安全监管法律法规体系, 顶层为法律, 接着为相关的导则, 再次为相应的标准层次。第四层次为执行层面, 可以给出具体的指导要求。

第四层次执行层面上分为六大类别, 由临界装置的营运单位根据临界装置的实际情况, 做具体的规划, 包括人因工程、工程设计、实验规程、事故分析、始发事件、运行管理等, 但不限于此, 对于具体的临界装置, 可进行增添。

在人因工程方面[8] [9], 应该充分考虑运行人员以及实验人员的可操作性和可达性, 在一定程度上尽量避免由于人的失误对临界装置的安全造成影响。

在工程设计方面[10], 应该充分考虑设计在满足法律法规的要求下, 结合人因工程, 简单可行, 便于实现。例如, 对于临界装置报警系统的设计上, 报警仪表的设计, 要结合人因工程的考虑, 便于实验人员及时接收到信息; 设计时, 采取适当措施(如厂房设屏蔽墙, 工厂不过分靠近居民区等), 则也能有效避免临界事故对环境和公众的影响。

在事故分析和始发事件方面[11] [12], 对临界事故有关的始发事件和停止机制的研究, 来限制这种事故的发生频率和后果。始发事件作为事故分析的输入, 在事故分析时, 要按照双偶然性原则, 选取最大假想事故, 开展事故分析, 分析过程以及验收情况, 可以进行定量的判断, 满足国家相关规定。

在运行管理方面[13] [14], 一旦发生临界事故, 工作人员要立即撤离, 对撤离了路线以及应急的考虑; 以及对实验人员的管理、培训和考核上, 要严格进行, 确保临界装置安全。

## 5. 结束语

国内对临界装置的规范相对比较少, 很多都包括在研究堆的体系中, 但是在设计和运行、核安全审评和监管层面, 目标不够明确, 操作性相对较差。此外, 近几年, 安全局对于研究堆分类管理做了大量的工作。借助于此, 建议核安全当局、营运单位以及各方, 针对临界装置能够做一些工作, 展开精细化管理, 真正把核安全落在实处, 把我国核事业的长远发展, 人类的幸福生活, 放在首位。

十九大以后, 我国的法治建设逐渐加强, 法律法规体系也在逐步完善, 这项工作的意义和价值不可小觑, 不仅体系更加完善, 科学合理, 同时更有利于审评和监管[15], 有利于安全, 更加有利于我国开展科研领域的工作。

## 参考文献

- [1] 国家核安全局. HAF201-1995 研究堆设计安全规定[S]. 北京: 中国法制出版社, 1995.
- [2] 国家核安全局. HAF202-1995 研究堆运行安全规定[S]. 北京: 中国法制出版社, 1995.
- [3] 国家科委核安全中心, 核工业标准化研究所, 清华大学核研究院. HAF J0055-1995 核电站控制室设计的人因工程原则[S]. 1995.
- [4] 国家核安全局. HAD202/02-1989 临界装置运行及实验管理[S]. 北京: 中国法制出版社, 1989.
- [5] 核工业标准化研究所. HAF J0002-1991 含有有限量放射性物质核设施的抗震设计[S]. 1991.
- [6] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局中国国家标准化管理委员会. GB15146 反应堆外易裂变材料的核临界安全[S]. 北京: 中国国家标准出版社, 2008.
- [7] 上海核工程研究设计院有限公司, 中国核电工程有限公司. NB/T20515-2018 压水堆核电厂乏燃料组件湿法贮存临界安全分析准则[S]. 北京: 原子能出版社, 2018.
- [8] 国家市场监督管理总局国家标准化管理委员会. GB/T12787-2020 辐射防护仪器临界事故报警设备[S]. 北京: 中国标准出版社, 2020.
- [9] 杨历军, 刘洋, 朱庆福. 临界装置设计安全规定的编制思考[J]. 核安全, 2013, 12(4): 84-88.
- [10] 宋琛修, 朱立新. 研究堆的分类和基于分类的安全监管思路探讨[J]. 核安全, 2013, 12(z1): 134-137.
- [11] 牛江, 黄礼渊, 代启东. 临界装置应用和试验安全管理[J]. 科技视界, 2017(3): 228-229.
- [12] 郑春. 临界装置运行岗位设置和要求[J]. 核动力工程, 2009, 30(1): 121-123, 128.
- [13] 潘建, 张海斌. 临界装置数字化人机界面的分析与实现[J]. 原子能科学技术, 2012, 46(z1): 426-431.
- [14] 朱庆福, 周琦. 核临界安全技术研究进展[J]. 原子能科学技术, 2020, 54(z1): 226-232.
- [15] 阮可强. 核临界安全[M]. 北京: 原子能出版社, 2001.